

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-242208

(43)公開日 平成8年(1996)9月17日

(51)Int.Cl.<sup>\*</sup>  
H 04 B 10/20  
G 02 B 6/12

識別記号 庁内整理番号

F I  
H 04 B 9/00  
G 02 B 6/12

技術表示箇所  
N  
F

審査請求 未請求 請求項の数5 O.L (全12頁)

(21)出願番号 特願平7-45835  
(22)出願日 平成7年(1995)3月6日

(71)出願人 000004226  
日本電信電話株式会社  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号  
(72)発明者 松永 亨  
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内  
(72)発明者 笹山 浩二  
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内  
(72)発明者 平松 淳  
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内  
(74)代理人 弁理士 古谷 史旺

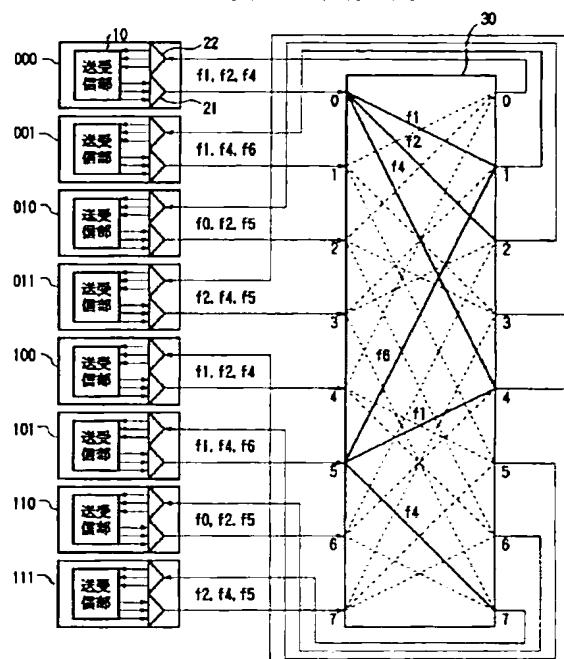
(54)【発明の名称】ハイパキューブ型インタコネクションネットワーク

(57)【要約】

【目的】 少ないハードウェアで高速大量の情報を流すことができるハイパキューブ型インタコネクションネットワークを提供することを目的とする。

【構成】 入力ポートの位置と光周波数に応じて出力ポートが決定される光周波数ルーティング機能を有し、入力ポートに所定のノードの出力光リンクが接続され、出力ポートに所定のノードの入力光リンクが接続されるアレイ導波路回折格子型フィルタを配置し、各ノードは、所定の複数の光周波数の光信号を光周波数多重して出力光リンクに送出し、入力光リンクから入力された光周波数多重信号を光周波数分離して受信する機能を有し、さらに各ノードごとに使用する光周波数と、接続するアレイ導波路回折格子型フィルタの入出力ポートを、各ノードがハイパキューブの接続関係を満たすように設定する。

本発明の第1実施例の構成



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のノード間で、2進表示したノードアドレスの1ビットのみが異なるノード同士を相互接続するハイパキューブ型インタコネクションネットワークにおいて、

入力ポートの位置と光周波数に応じて出力ポートが決定される光周波数ルーティング機能を有し、入力ポートに所定のノードの出力光リンクが接続され、出力ポートに所定のノードの入力光リンクが接続されるアレイ導波路回折格子型フィルタを配置し、

前記各ノードは、所定の複数の光周波数の光信号を光周波数多重して出力光リンクに送出し、入力光リンクから入力された光周波数多重信号を光周波数分離して受信する機能を有し、さらに各ノードごとに使用する光周波数と、接続するアレイ導波路回折格子型フィルタの入出力ポートを、各ノードがハイパキューブの接続関係を満たすように設定する構成であることを特徴とするハイパキューブ型インタコネクションネットワーク。

【請求項2】 請求項1に記載のハイパキューブ型インタコネクションネットワークにおいて、

すべてのノードのアドレスを2進表示したときに、

“1”の数が偶数となる偶ノード群と、“1”の数が奇数となる奇ノード群の2つに分類し、2つのアレイ導波路回折格子型フィルタを備え、

前記第1のアレイ導波路回折格子型フィルタの入力ポートに前記偶ノード群のノードの出力光リンクを接続し、出力ポートに前記奇ノード群のノードの入力光リンクを接続し、前記第2のアレイ導波路回折格子型フィルタの入力ポートに前記奇ノード群のノードの出力光リンクを接続し、出力ポートに前記偶ノード群のノードの入力光リンクを接続する構成であることを特徴とするハイパキューブ型インタコネクションネットワーク。

【請求項3】 請求項1または請求項2に記載のハイパキューブ型インタコネクションネットワークにおいて、アレイ導波路回折格子型フィルタに予備ノードを接続する予備入出力ポートを設け、

前記予備ノードを含む各ノードは、送信光周波数を可変させる機能、受信光周波数を可変させる機能を含み、現用のノードが障害になったときに、その障害ノードに前記アレイ導波路回折格子型フィルタを介してハイパキューブの関係で接続される特定のノードの送信光周波数および受信光周波数を、前記予備入出力ポートに接続する光周波数に切り替え、かつ前記予備ノードの送信光周波数および受信光周波数を特定のノードで切り替えた送信光周波数および受信光周波数に応じて切り替える構成であることを特徴とするハイパキューブ型インタコネクションネットワーク。

【請求項4】 請求項1ないし請求項3のいずれかに記載のハイパキューブ型インタコネクションネットワークにおいて、

増設用入出力ポートを有する複数のアレイ導波路回折格子型フィルタを配置し、

前記各アレイ導波路回折格子型フィルタの増設用入出力ポートを増設用光リンクを介してハイパキューブの関係に接続し、各アレイ導波路回折格子型フィルタに収容されるノードに前記増設用入出力ポートにルーティングされる送信光周波数および受信光周波数が設定される構成であることを特徴とするハイパキューブ型インタコネクションネットワーク。

【請求項5】 請求項1ないし請求項4のいずれかに記載のハイパキューブ型インタコネクションネットワークにおいて、

アレイ導波路回折格子型フィルタの入出力ポートに接続されるノードの番号について、入出力ノード番号の差に応じて入出力ポート間でルーティングされる光周波数が一定となる関係に設定する構成であることを特徴とするハイパキューブ型インタコネクションネットワーク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、小規模なスイッチを多数組み合わせて大規模な交換システムを実現したり、小規模なプロセッサを多数組み合わせて高性能な計算機システムを実現するためのインタコネクションネットワークに関する。特に、小規模スイッチまたは小規模プロセッサ（本明細書では「ノード」という）に付与された番号と接続方法に一定の規則をもち、高速で大量の情報が流れるハイパキューブ型インタコネクションネットワークに関する。

【0002】

【従来の技術】図18は、ハイパキューブ型インタコネクションネットワークの論理構成の一例を示す。本構成の詳細は、リード氏およびフジモト氏の著作“Multicomputer Networks : Message-Based Parallel Processing”, 1987, The MIT Press の17~18ページに記載がある。

【0003】図において、8個のノードをそれぞれに付与されるアドレス000~111で表示する。ハイパキューブ型インタコネクションネットワークは、3 (=log<sub>2</sub>8)次元に配置された8個のノードが、2進表示したノードアドレスの各桁のビットを他のノードのアドレスと比較したとき、1ビットのみが異なるノード同士の間にリンクをもつ構成である。たとえば、ノード000と、ノード001、ノード010、ノード100が相互に接続される（図中太線で示す）。

【0004】このようなハイパキューブ型インタコネクションネットワークのリンクは、従来は電気信号によるものが多く、ノード数が少ない場合はボード上またはバックボードの配線でノード間が結合される。また、ノード数が多くなるとキャビネット間を電気ケーブルで結合するものが一般的であった。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】ハイパキューブ型インタコネクションネットワークの各ノードがもつリンク数は、

$$\text{各ノードの入出力リンク組数} = \text{ネットワークの次元数} = \log_2(\text{ノード数})$$

で与えられる。したがって、ネットワークの規模が大きくなると、インタコネクションのためのハード量が増大する。

【0006】このハード量を削減するために、ノード間リンクを時分割バスで実現する方法が考えられている。しかし、高速で大量の情報が流れるインタコネクションネットワークでは、バスの容量がシステム全体の容量を制限する要因になる。また、光リンクの場合には、光周波数（または波長）多重バスで実現する方法が考えられている。しかし、規模が大きくなるとリンク数に応じて光周波数（波長）の所要数が大きくなり、やはりシステム全体の容量が制限される要因になる。

【0007】本発明は、少ないハード量で高速大量の情報を流すことができるハイパキューブ型インタコネクションネットワークを提供することを目的とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明のハイパキューブ型インタコネクションネットワークは、入力ポートの位置と光周波数に応じて出力ポートが決定される光周波数ルーティング機能を有し、入力ポートに所定のノードの出力光リンクが接続され、出力ポートに所定のノードの入力光リンクが接続されるアレイ導波路回折格子型フィルタを配置し、各ノードは、所定の複数の光周波数の光信号を光周波数多重して出力光リンクに送出し、入力光リンクから入力された光周波数多重信号を光周波数分離して受信する機能を有し、さらに各ノードごとに使用する光周波数と、接続するアレイ導波路回折格子型フィルタの入出力ポートを、各ノードがハイパキューブの接続関係を満たすように設定する（請求項1）。

【0009】さらに、すべてのノードのアドレスを2進表示したときに、“1”の数が偶数となる偶ノード群と、“1”の数が奇数となる奇ノード群の2つに分類し、2つのアレイ導波路回折格子型フィルタを備え、第1のアレイ導波路回折格子型フィルタの入力ポートに偶ノード群のノードの出力光リンクを接続し、出力ポートに奇ノード群のノードの入力光リンクを接続し、第2のアレイ導波路回折格子型フィルタの入力ポートに奇ノード群のノードの出力光リンクを接続し、出力ポートに偶ノード群のノードの入力光リンクを接続する構成である（請求項2）。

【0010】さらに、アレイ導波路回折格子型フィルタに予備ノードを接続する予備入出力ポートを設け、予備ノードを含む各ノードは、送信光周波数を可変させる機能、受信光周波数を可変させる機能を含み、現用のノード

が障害になったときに、その障害ノードにアレイ導波路回折格子型フィルタを介してハイパキューブの関係で接続される特定のノードの送信光周波数および受信光周波数を、予備入出力ポートに接続する光周波数に切り替え、かつ予備ノードの送信光周波数および受信光周波数を特定のノードで切り替えた送信光周波数および受信光周波数に応じて切り替える構成である（請求項3）。

【0011】さらに、増設用入出力ポートを有する複数のアレイ導波路回折格子型フィルタを配置し、各アレイ導波路回折格子型フィルタの増設用入出力ポートを増設用光リンクを介してハイパキューブの関係に接続し、各アレイ導波路回折格子型フィルタに収容されるノードに増設用入出力ポートにルーティングされる送信光周波数および受信光周波数が設定される構成である（請求項4）。

【0012】さらに、アレイ導波路回折格子型フィルタの入出力ポートに接続されるノードの番号について、入出力ノード番号の差に応じて入出力ポート間でルーティングされる光周波数が一定となる関係に設定する構成である（請求項5）。

## 【0013】

【作用】請求項1の構成では、アレイ導波路回折格子型フィルタの光周波数によるルーティング機能を利用することにより、各ノードにおける光周波数の設定によりハイパキューブの規則に従って各ノード間を接続することができる。これにより、光周波数多重により本来ネットワークの次元数 ( $= \log_2(\text{ノード数})$ ) 分だけ必要なノード間リンクをノードあたり1組まで減ずることができる。また、アレイ導波路回折格子型フィルタのルーティング機能により、異なるノード間で光周波数の繰り返し使用が可能となり、比較的少ない光周波数で大規模なネットワークを構成することができる。

【0014】請求項2の構成では、一方のアレイ導波路回折格子型フィルタで偶ノードから奇ノードへのルーティングが行われ、他方のアレイ導波路回折格子型フィルタで奇ノードから偶ノードへのルーティングが行われる。すなわち、ハイパキューブの関係を利用して2つの小規模なアレイ導波路回折格子型フィルタで対応でき、使用する光周波数の数もさらに削減することができる。

【0015】請求項3の構成により、ノードまたはアレイ導波路回折格子型フィルタとの間の入出力リンクが障害となった場合に、関係するノードの送信光周波数および受信光周波数を変えることにより、障害ノードから予備ノードへの切り替えを行うことができる。請求項4の構成により、比較的小規模なハイパキューブ型インタコネクションネットワーク（サブモジュール）を複数組み合わせて、大規模なハイパキューブ型インタコネクションネットワークが実現できる。本来、規模を2倍にするごとにノード数に対応するリンク数が必要になるが、本構成による光周波数多重により1組の入出力光リンクで

対応できる。また、異なるサブモジュールを接続するリンク間で、光周波数の繰り返し使用が可能となり、比較的小ない光周波数で大規模なネットワークを構成することができる。

【0016】請求項5の構成により、出力側のノード番号と入力側のノード番号の差が同じであれば使用する光周波数も同じになるので、全体で使用する光周波数の数をさらに削減することができる。

【0017】

【実施例】

(請求項1に対応する実施例) 図1は、本発明の第1実施例の構成を示す。ここでは、8ノード(3次元)の場合について示す。図において、8個のノードをそれぞれに付与されるアドレス000～111で表示する。ノード000～111は、それぞれ送受信部10、光合波器21および光分波器22を有する。ノード000～111の入出力光リンクは、アレイ導波路回折格子型フィルタ30の入出力ポート0～7に順番に接続される。

【0018】アレイ導波路回折格子型フィルタ30の入出力ポートと光周波数の関係は、例えば図2に示すようになっている。入力ポート0から入力された光周波数f0, f1, f2, …, f7の光は、それぞれ出力ポート0, 1, 2, …, 7に出力される。入力ポート5から入力された光周波数f0, f1, f2, f3, f4, f5, f6, f7の光は、それぞれ出力ポート3, 4, 5, 6, 7, 0, 1, 2に出力される。

【0019】本実施例では、各ノードのアドレスと、アレイ導波路回折格子型フィルタ30の入出力ポート番号の2進表示が対応するように接続される。すなわち、ノード000, 001, 010, …, 111の光合波器21と、アレイ導波路回折格子型フィルタ30の入力ポート0, 1, 2, …, 7が接続される。アレイ導波路回折格子型フィルタ30の出力ポート0, 1, 2, …, 7と、ノード000, 001, 010, …, 111の光分波器22が接続される。

【0020】ここで、各ノードをハイパキューブ型に接続するには、対応するノード間で図2の表にハッチングした光周波数を用いる。たとえば、ノード000とノード001, 010, 100を接続するには、それぞれ光周波数f1, f2, f4を用いる。光周波数f1, f2, f4の光周波数多重光がアレイ導波路回折格子型フィルタ30の入力ポート0に入力されると、光周波数f1, f2, f4の光はそれぞれ出力ポート1, 2, 4から出力され(図1に太線で示す)、それぞれ対応するノードに送出される。また、ノード101とノード001, 100, 111を接続するには、それぞれ光周波数f1, f4, f6を用いる。光周波数f1, f4, f6の光周波数多重光がアレイ導波路回折格子型フィルタ30の入力ポート5に入力されると、光周波数f1, f2, f4の光はそれぞれ出力ポート4, 7, 1から出力され(図1に太線で示す)、それぞれ対応する

ノードに送出される。

【0021】このように、各ノードをアレイ導波路回折格子型フィルタ30を介して接続し、各ノードで使用する光周波数を選択することにより、アレイ導波路回折格子型フィルタ30の光周波数によるルーティング機能を利用して各ノードをハイパキューブ型に接続することができる。これにより、各ノードに入出力される複数の光リンクを光周波数多重技術を用いて入出力でそれぞれ1本とすることができる。

【0022】なお、一般に、 $2^k$ 本以上の入出力ポートを有するアレイ導波路回折格子型フィルタを用い、光周波数を適当に選択することにより、 $k$ 次元のハイパキューブ型インタコネクションネットワークを構成することができる。図3は、ノード000の構成例を示す。図において、送受信部10は、ノード001, 010, 100に送信する電気信号を出力する送信回路11、各電気信号を光周波数f1, f2, f4の光信号に変換する光源12-1, 12-2, 12-3、光周波数f1, f2, f4の光信号を電気信号に変換する受光器13-1, 13-2, 13-3、各電気信号を入力する受信回路14により構成される。光合波器21および光分波器22は、光周波数f1, f2, f4の光信号を合分波する。

【0023】光源12-1, 12-2, 12-3から出力される光周波数f1, f2, f4の光信号は、光合波器21で合波されて出力光リンクに送出される。この光周波数多重信号はアレイ導波路回折格子型フィルタ30の入力ポート0に入力され、出力ポート1, 2, 4にルーティングされる。一方、アレイ導波路回折格子型フィルタ30の各出力ポートには、図2の表の列方向のハッチングした光周波数の光信号が多重化され、各ノードに接続される入力光リンクに送出される。ノード000に接続される出力ポート0には、光周波数f1, f2, f4の光周波数多重信号が送出される。この光周波数多重信号は光分波器22で各光周波数の光信号に分波され、受光器13-1, 13-2, 13-3に入力される。

【0024】なお、光合波器21における光周波数多重機能は、光スタークラスターのような光合流器でも実現できる。光分波器22における光周波数分離機能は、光スタークラスターのような光分岐器と光周波数フィルタでも実現できる。その他のノードも同様の構成である。各ノードとアレイ導波路回折格子型フィルタ30の各入出力ポートが、図1に示す接続関係を有する場合には、各ノードは図2の表にハッチングで示した光周波数で発振する複数の光源をもつ。

【0025】(請求項2に対応する実施例) 図4は、本発明の第2実施例の構成を示す。ここでは、8ノード(3次元)の場合について示す。図において、8個のノードをそれぞれに付与されるアドレス000～111で表示し、アドレスの“1”的数が偶数となる偶ノード群(ノード000, 011, 101, 110)と、“1”的数

の数が奇数となる奇ノード群（ノード001, 010, 100, 111）の2つに分類する。ハイパキューブ型インタコネクションネットワークでは、ノードアドレスが1ビットのみ異なるノード同士が接続されるので、偶ノード同士、奇ノード同士が直接接続されることはない。

【0026】したがって、2つのアレイ導波路回折格子型フィルタ30-1, 30-2を用いて、偶ノードから奇ノードへの光リンクと、奇ノードから偶ノードへの光リンクを別々に接続しても、図1の構成と論理的に等価なハイパキューブ型インタコネクションネットワークを実現できる。すなわち、ノード000, 011, 101, 110の出力光リンクをアレイ導波路回折格子型フィルタ30-1の入力ポート0, 1, 2, 3に接続し、出力ポート0, 1, 2, 3にノード001, 010, 100, 111の入力光リンクを接続する。また、ノード001, 010, 100, 111の出力光リンクをアレイ導波路回折格子型フィルタ30-2の入力ポート0, 1, 2, 3にノード000, 011, 101, 110の入力光リンクを接続する。

【0027】アレイ導波路回折格子型フィルタ30-1, 30-2の入出力ポートと光周波数の関係は、例えば図5(a), (b)に示すようになる。各ノード間で使用される光周波数をハッティングする。各ノードは、光周波数f0, f1, f2を用いて相手のノードと接続できることがわかる。

（請求項3に対応する実施例）図6は、本発明の第3実施例の構成を示す。ここでは、第1実施例（図1）に示す8ノード（3次元）の場合において、障害になった1つのノードの代用をする予備ノードを備えた構成を示す。

【0028】図において、8個のノードをそれぞれに付与されるアドレス000～111で表示する。ここでは、ノード101が障害となり、ノード101の接続先のノード001, 100, 111との接続を予備ノードS101に切り替えるものとする。アレイ導波路回折格子型フィルタ30の入出力ポートと光周波数の関係は、例えば図7に示すようになる。

【0029】ノード101が障害になると、ノード001はノード101に接続するために用いていた光周波数f6をf0に切り替え、ノード100は光周波数f0をf3に切り替え、ノード111は光周波数f3をf6に切り替えることにより、ノード101から予備ノードS101に切り替えることができる（図6の太破線から太実線への切り替え）。なお、予備ノードS101の光源の光周波数はf0, f3, f6に設定される。

【0030】このように予備ノードを備え、障害発生時に予備ノードへの切り替えを可能にするには、光源12を周波数可変光源とし、光合波器21を光周波数依存性

のない光合流器とし、光分波器22を可変光分波器とする必要がある。なお、受光器13は、受信可能光周波数帯域が広いフォトダイオードを用いる場合には、光周波数が変わることに対する特別な対処は不要である。このときのノードの構成例を図8に示す。

【0031】周波数可変光源としては周波数可変レーザ15-1～15-3を用い、光合流器としては光スター・カプラ23を用い、可変光分波器としては光スター・カプラなどの光分岐器24と光周波数可変フィルタ25-1～25-3を用いる。予備ノードへの切り替えが必要になった場合には、周波数可変レーザ15-1～15-3の光周波数を切り替え、光周波数可変フィルタ25-1～25-3の透過光周波数を切り替える。

【0032】（請求項4に対応する実施例）図9は、本発明の第4実施例の構成を示す。ここでは、8ノードで構成されるハイパキューブ型インタコネクションネットワークをサブモジュールとし、4つのサブモジュールを増設用光リンクで相互に接続することにより、32ノードのハイパキューブ型インタコネクションネットワークを構成する場合について説明する。各サブモジュールのアドレスを00, 01, 10, 11とすると、各サブモジュールのノードアドレスは、サブモジュールのアドレスを上位に付加した形で表される。

【0033】図では、簡単のために個々のサブモジュール00, 01, 10, 11としてアレイ導波路回折格子型フィルタのみを示し、入出力ポートに接続されるノードは省略している。増設用光リンク41は、ハイパキューブ型インタコネクションネットワークの接続規則に従って接続される。すなわち、サブモジュール00とサブモジュール11の接続ではなく、それぞれサブモジュール01, 10の両方に接続される。サブモジュール00～11の各アレイ導波路回折格子型フィルタの入出力ポートと光周波数の関係は、例えば図10に示すようになる。各ノード間で使用される光周波数をハッティングする。ここに示すように、各ノードは5つの光周波数に対応できる構成が必要である。

【0034】サブモジュール00, 01, 10, 11の入出力ポート0～7には、各サブモジュールに収容されるノード000～111からの光リンクが接続される。各サブモジュールの出力ポート8, 9に接続された増設用光リンク41には、最大で8つの入力ポートからの光信号が光周波数多重されており、その光周波数多重信号は接続先のサブモジュールの各出力ポートに分離され、そこに接続されるノードへ入力される。たとえば、サブモジュール00のノード000とサブモジュール10のノード000を接続する場合には光周波数f9を用いる。この光信号は、サブモジュール00のノード000から入力ポート0に入力され、その出力ポート9にルーティングされ、増設用光リンク41を介してサブモジュール10の入力ポート9に入力され、その出力ポート0にルー

チングされ、サブモジュール10のノード000に到達する。

【0035】なお、図9では増設用光リンク41を入出力ポート8, 9に接続しているが、必ずしもアレイ導波路回折格子型フィルタの端のポートである必要はない。たとえば、ポート4, 5に増設用光リンク41を接続してもよい。一般に、アレイ導波路回折格子型フィルタは端のポートほど損失が大きいので、アレイ導波路回折格子型フィルタを2段接続する増設用光リンク41は、損失の少ない中央のポートを使用することが有利となる。

【0036】(請求項5に対応する実施例) 図11は、本発明の第5実施例の構成を示す。ここでは、第1実施例(図1)に示す8ノード(3次元)の場合において、アレイ導波路回折格子型フィルタ30の出力ポートと各ノードとの接続の順番を逆にした例を示す。図において、アレイ導波路回折格子型フィルタ30の入力ポート0, 1, 2, …, 7に、ノード000, 001, 010, …, 111からの出力光リンクが接続され、出力ポート0, 1, 2, …, 7に、ノード111, 110, 101, …, 000への入力光リンクが接続される。これにより、すべてのノードの組み合わせで、出力側のノード番号と入力側のノード番号の差が同じであれば、使用する光周波数も表1のように同じになる。

#### 【0037】

【表1】

| 出力ノード番号-入力ノード番号 | 使用光周波数 |
|-----------------|--------|
| -7, 1           | f6     |
| -6, 2           | f5     |
| -5, 3           | f4     |
| -4, 4           | f3     |
| -3, 5           | f2     |
| -2, 6           | f1     |
| -1, 7           | f0     |
| 0               | f7     |

【0038】したがって、アレイ導波路回折格子型フィルタ30の入出力ポートと光周波数の関係は、例えば図12に示すようになる。各ノードをハイパキューブ型に接続するには、対応するノード間で図12の表にハッキングした光周波数を用いる。全体で使用する光周波数はf0, f1, f3, f5, f6の5つとなることがわかる。図2に示す第1実施例の構成では6光周波数が必要であったので、使用する光周波数の数を削減できる。以下に示す実施例においても同様である。

【0039】(請求項5に対応する実施例) 図13は、本発明の第6実施例の構成を示す。ここでは、第5実施例(図11)のハイパキューブ型インタコネクションネットワークをサブモジュールとし、4つのサブモジュー

ルを増設用光リンクで相互に接続することにより、32ノードのハイパキューブ型インタコネクションネットワークを構成する場合について説明する。

【0040】図では、簡単のために個々のサブモジュール00, 01, 10, 11としてアレイ導波路回折格子型フィルタのみを示し、入出力ポートに接続されるノードは省略している。増設用光リンク41は、ハイパキューブ型インタコネクションネットワークの接続規則に従って接続される。すなわち、サブモジュール00とサブモジュール11の接続はなく、それぞれサブモジュール01, 10の両方に接続される。サブモジュール00～11の各アレイ導波路回折格子型フィルタの入出力ポートと光周波数の関係は、例えば図14, 図15に示すようになる。各ノード間で使用される光周波数をハッキングする。

【0041】第4実施例(図9, 図10)に示す構成と異なる点は、サブモジュール00, 11では、出力ポートに接続されるノードと増設用光リンクの順番が逆になり、サブモジュール01, 10では、入力ポートに接続されるノードと増設用光リンクの順番が逆になる。本実施例においても、すべてのノードの組み合わせで、出力側のノード番号と入力側のノード番号の差が同じであれば、使用する光周波数も同じになる。

【0042】(請求項5に対応する実施例) 図16は、本発明の第7実施例の入出力ポートと接続されているノード番号、光周波数の関係を示す。これは、第2実施例(図4)の構成と同様に、8ポートのアレイ導波路回折格子型フィルタを2個用い、16ノードのハイパキューブ型インタコネクションネットワークに適用したものである。

【0043】アレイ導波路回折格子型フィルタの入出力ポートに接続されるノード番号の差と、入出力ポート間の光周波数が表2に示す関係になるようにノードを割り当てた例である。

#### 【0044】

【表2】

| 入力ノード番号-出力ノード番号 | 使用光周波数 |
|-----------------|--------|
| -14, -6, 2, 10  | f1     |
| -13, -5, 3, 11  | f2     |
| -12, -4, 4, 12  | f3     |
| -11, -3, 5, 13  | f4     |
| -10, -2, 6, 14  | f5     |
| -9, -1, 7,      | f6     |
| -8, 0, 8,       | f7     |
| -7, 1, 9,       | f0     |

【0045】このようなノードの割り当ては、図17に示すように、各ノード番号を2進表示したときの最上位

ビットを除く残りの桁が、(a) 偶ノードの場合には昇順となるように、(b) 奇ノードの場合には降順となるように並べることにより得られる。

【0046】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、アレイ導波路回折格子型フィルタの光周波数ルーティング機能を利用することにより、少ないリンク数で物理的にシンプルなハイパキューブ型インタコネクションネットワークを実現することができる。しかも、使用する光周波数の数はノード数を越えることがない利点がある。

【0047】請求項2の構成では、ハイパキューブの関係を利用して2つの小規模なアレイ導波路回折格子型フィルタで対応でき、使用する光周波数の数もさらに削減することができる。請求項3の構成では、障害時にリンクを物理的に張り替える必要がなく、関係するノードにおける光周波数を切り替えるだけで、容易に障害ノードと予備ノードの切り替えを行うことができる。

【0048】請求項4の構成では、比較的小規模なサブモジュールを複数組み合わせて、少ないリンク数で大規模なハイパキューブ型インタコネクションネットワークを実現することができる。しかも、使用する光周波数の数は、サブモジュール内のノード数に増設用リンク数を加えた数、すなわちアレイ導波路回折格子型フィルタの入出力ポート数を越えることがない利点がある。

【0049】請求項5の構成では、1個のアレイ導波路回折格子型フィルタで構成するネットワークをさらに少ない光周波数の数で実現することができる。すなわち、ハイパキューブ型インタコネクションネットワークの接続規則によると、相互に接続されるノード番号の差は± $2^i$  ( $i = 0, 1, 2, \dots, n-1$ 、nはネットワークの次元数 ( $= \log_2 [\text{ノード数}]$ )) となるので、 $2^n$  ノードを1つのアレイ導波路回折格子型フィルタに収容するネットワークでは、高々 $2n$ 個の光周波数で対応することができる利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の構成を示すブロック図。

【図2】第1実施例の入出力ポートと接続されているノード番号、光周波数の関係を示す図。

【図3】ノード000の構成例を示すブロック図。

【図4】本発明の第2実施例の構成を示すブロック図。

【図5】第2実施例の入出力ポートと接続されているノ

ード番号、光周波数の関係を示す図。

【図6】本発明の第3実施例の構成を示すブロック図。

【図7】第3実施例の入出力ポートと接続されているノード番号、光周波数の関係を示す図。

【図8】第3実施例のノードの構成例を示すブロック図。

【図9】本発明の第4実施例の構成を示すブロック図。

【図10】第4実施例の入出力ポートと接続されているノード番号、光周波数の関係を示す図。

【図11】本発明の第5実施例の構成を示すブロック図。

【図12】第5実施例の入出力ポートと接続されているノード番号、光周波数の関係を示す図。

【図13】本発明の第6実施例の構成を示すブロック図。

【図14】第6実施例の入出力ポートと接続されているノード番号、光周波数の関係を示す図（その1）。

【図15】第6実施例の入出力ポートと接続されているノード番号、光周波数の関係を示す図（その2）。

【図16】第7実施例の入出力ポートと接続されているノード番号、光周波数の関係を示す図。

【図17】第7実施例におけるノード番号の配列方法を説明する図。

【図18】ハイパキューブ型インタコネクションネットワークの論理構成の一例を示す図。

【符号の説明】

000~111 ノード

10 送受信部

11 送信回路

30 12 光源

13 受光器

14 受信回路

15 周波数可変レーザ

21 光合波器

22 光分波器

23 光スタークロス

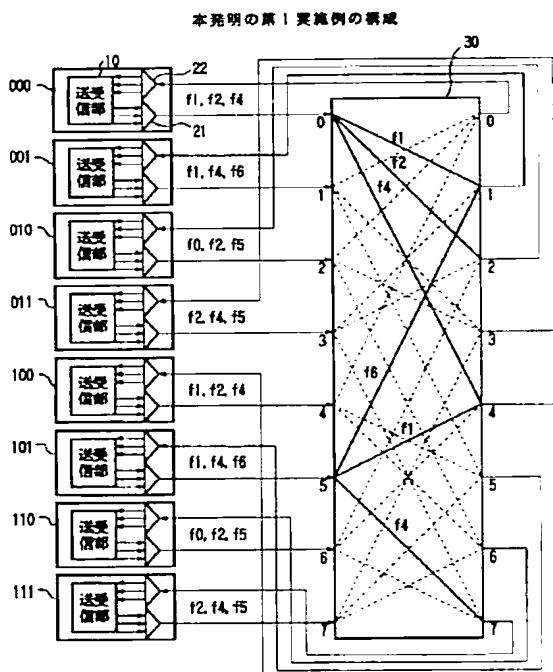
24 光分波器

25 光周波数可変フィルタ

30 アレイ導波路回折格子型フィルタ

40 41 増設用光リンク

【図1】

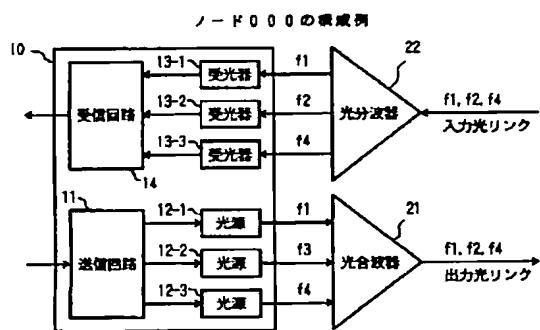


【図2】

第1実施例の入出力ポートと接続されているノード番号、光周波数の関係

|        | 000 | 001 | 010 | 011 | 100 | 101 | 110 | 111 | 出力側ポート |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| 000    | 0   | f10 | f12 | f13 | f14 | f15 | f16 | f17 | 10     |
| 001    | 1   | f11 | f12 | f13 | f14 | f15 | f16 | f17 | 11     |
| 010    | 2   | f12 | f13 | f14 | f15 | f16 | f17 | f10 | 10     |
| 011    | 3   | f13 | f14 | f15 | f16 | f17 | f10 | f11 | 12     |
| 100    | 4   | f14 | f15 | f16 | f17 | f10 | f11 | f12 | 13     |
| 101    | 5   | f15 | f16 | f17 | f10 | f11 | f12 | f13 | 14     |
| 110    | 6   | f16 | f17 | f10 | f11 | f12 | f13 | f14 | 15     |
| 111    | 7   | f17 | f10 | f11 | f12 | f13 | f14 | f15 | 16     |
| 入力側ポート |     |     |     |     |     |     |     |     |        |

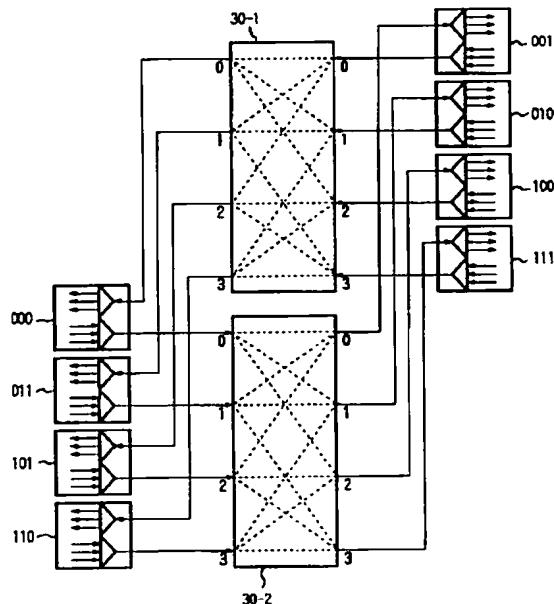
【図3】



【図17】

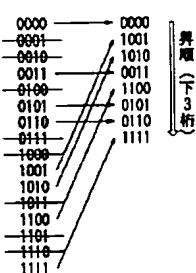
【図4】

本発明の第2実施例の構成

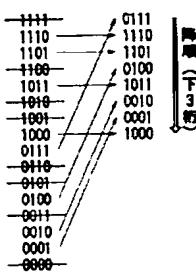


第7実施例におけるノード番号の配列方法

(a) 偶ノードの場合



(b) 奇ノードの場合



【図5】

第2実施例の入出力ポートと接続されているノード番号、光周波数の関係

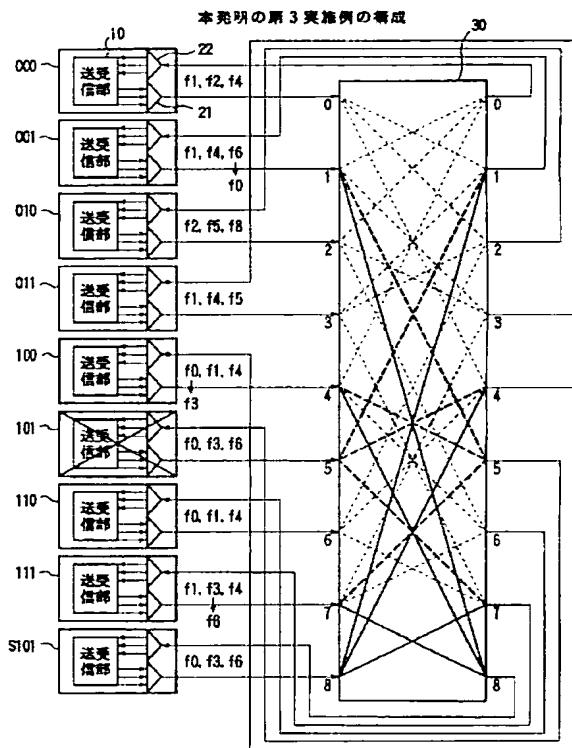
(a) アレイ導波路直折格子型フィルタ30-1

|        | 001   | 010 | 100 | 111 | 出力側ノード |
|--------|-------|-----|-----|-----|--------|
|        | 0     | 1   | 2   | 3   | 出力ポート  |
| 000    | 0     | f0  | f1  | f2  | f3     |
| 001    | 1     | f1  | f2  | f3  | f0     |
| 101    | 2     | f2  | f3  | f0  | f1     |
| 110    | 3     | f3  | f0  | f1  | f2     |
| 入力側ノード | 入力ポート |     |     |     |        |

(b) アレイ導波路直折格子型フィルタ30-2

|        | 000   | 001 | 101 | 110 | 出力側ノード |
|--------|-------|-----|-----|-----|--------|
|        | 0     | 1   | 2   | 3   | 出力ポート  |
| 001    | 0     | f0  | f1  | f2  | f3     |
| 010    | 1     | f1  | f2  | f3  | f0     |
| 100    | 2     | f2  | f3  | f0  | f1     |
| 111    | 3     | f3  | f0  | f1  | f2     |
| 入力側ノード | 入力ポート |     |     |     |        |

【図6】



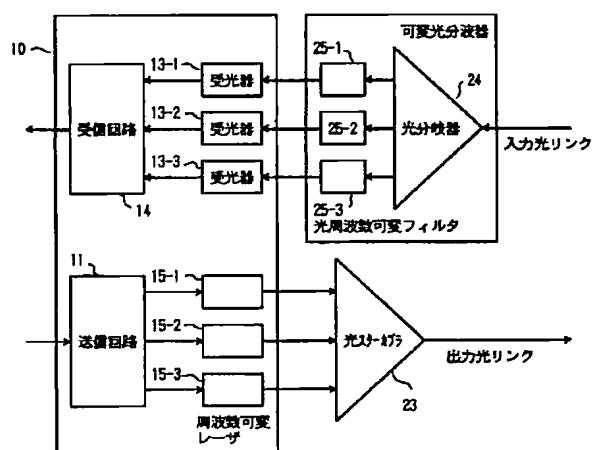
【図7】

第3実施例の入出力ポートと接続されているノード番号、光周波数の関係

|        | 000   | 001 | 010 | 011 | 100 | 101 | 110 | 111 | S101 | 出力側ノード |
|--------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|--------|
|        | 0     | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8    | 出力ポート  |
| 000    | 0     | f0  | f1  | f2  | f3  | f4  | f5  | f6  | f7   | f8     |
| 001    | 1     | f1  | f2  | f3  | f4  | f5  | f6  | f7  | f8   | f9     |
| 010    | 2     | f2  | f3  | f4  | f5  | f6  | f7  | f8  | f9   | f10    |
| 011    | 3     | f3  | f4  | f5  | f6  | f7  | f8  | f9  | f10  | f11    |
| 100    | 4     | f4  | f5  | f6  | f7  | f8  | f9  | f10 | f11  | f12    |
| 101    | 5     | f5  | f6  | f7  | f8  | f9  | f10 | f11 | f12  | f13    |
| 110    | 6     | f6  | f7  | f8  | f9  | f10 | f11 | f12 | f13  | f14    |
| 111    | 7     | f7  | f8  | f9  | f10 | f11 | f12 | f13 | f14  | f15    |
| S101   | 8     | f8  | f9  | f10 | f11 | f12 | f13 | f14 | f15  | f16    |
| 入力側ノード | 入力ポート |     |     |     |     |     |     |     |      |        |

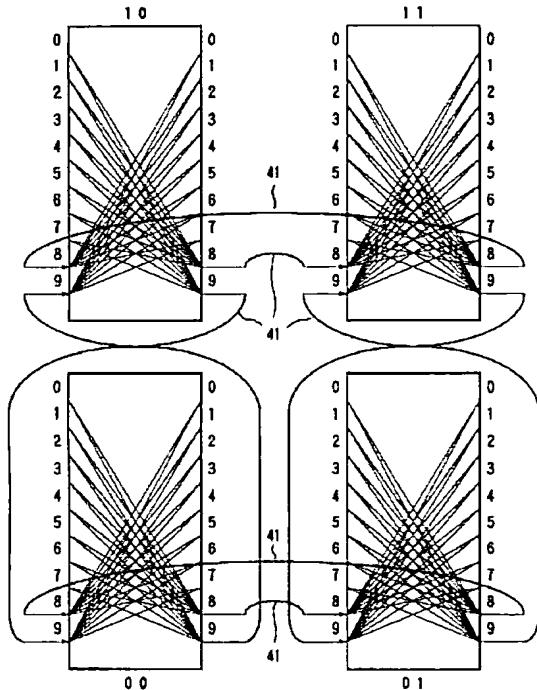
【図8】

第3実施例のノードの構成例



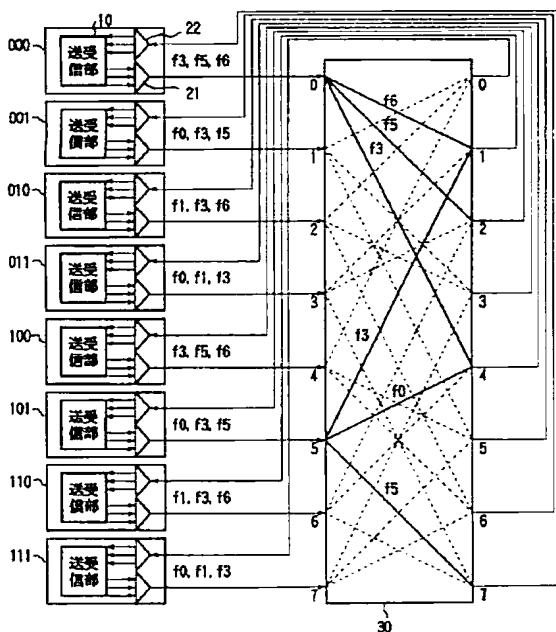
【図9】

本発明の第4実施例の構成



【図11】

本発明の第5実施例の構成



【図10】

第4実施例の入出力ポートと接続されているノード番号、光周波数の関係

| サブモジュール | サブモジュール 00, 01, 10, 11 |     |     |     |     |     |     |     |       | 他のサブモジュール | 出力端ノード |     |
|---------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----------|--------|-----|
|         | 000                    | 001 | 010 | 011 | 100 | 101 | 110 | 111 | 出力ポート |           |        |     |
|         | 0                      | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8     |           |        |     |
| サブモジュール | 000                    | 0   | f0  | f1  | f2  | f3  | f4  | f5  | f6    | f7        | f8     | f9  |
| 001     | 1                      | f1  | f2  | f3  | f4  | f5  | f6  | f7  | f8    | f9        | f10    | f11 |
| 010     | 2                      | f2  | f3  | f4  | f5  | f6  | f7  | f8  | f9    | f10       | f11    | f12 |
| 011     | 3                      | f3  | f4  | f5  | f6  | f7  | f8  | f9  | f10   | f11       | f12    | f13 |
| 100     | 4                      | f4  | f5  | f6  | f7  | f8  | f9  | f10 | f11   | f12       | f13    | f14 |
| 101     | 5                      | f5  | f6  | f7  | f8  | f9  | f10 | f11 | f12   | f13       | f14    | f15 |
| 110     | 6                      | f6  | f7  | f8  | f9  | f10 | f11 | f12 | f13   | f14       | f15    | f16 |
| 111     | 7                      | f7  | f8  | f9  | f10 | f11 | f12 | f13 | f14   | f15       | f16    | f17 |
| 他の      | 8                      | f8  | f9  | f10 | f11 | f12 | f13 | f14 | f15   | f16       | f17    | f18 |
| 1ポート    | 9                      | f9  | f10 | f11 | f12 | f13 | f14 | f15 | f16   | f17       | f18    |     |
| 入力端ノード  |                        |     |     |     |     |     |     |     |       |           |        |     |
| 入力ポート   |                        |     |     |     |     |     |     |     |       |           |        |     |

【図12】

第5実施例の入出力ポートと接続されているノード番号、光周波数の関係

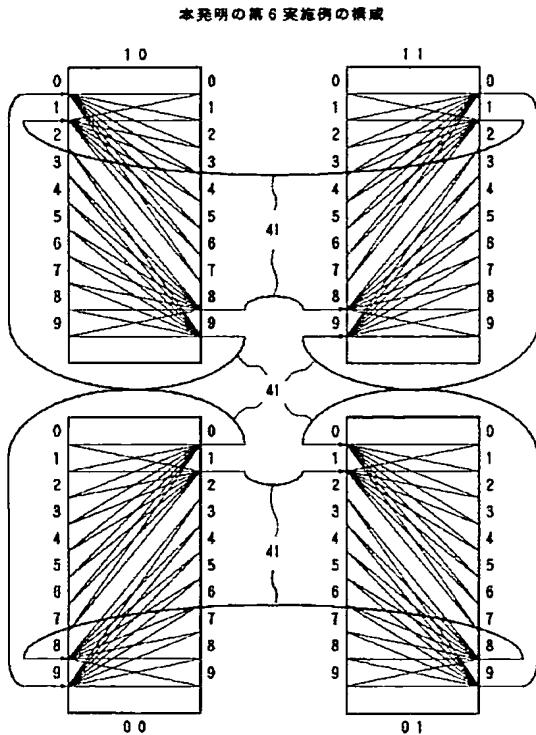
| サブモジュール | サブモジュール 111, 110, 101, 100, 011, 010, 001, 000 |     |     |     |     |     |     | 出力端ノード |     |
|---------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|-----|
|         | 111  | 110 | 101 | 100 | 011 | 010 | 001 | 000    |     |
|         | 0  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7      |     |
| 000     | 0  | f0  | f1  | f2  | f3  | f4  | f5  | f6     | f7  |
| 001     | 1  | f1  | f2  | f3  | f4  | f5  | f6  | f7     | f10 |
| 010     | 2  | f2  | f3  | f4  | f5  | f6  | f7  | f10    | f11 |
| 011     | 3  | f3  | f4  | f5  | f6  | f7  | f10 | f11    | f12 |
| 100     | 4  | f4  | f5  | f6  | f7  | f10 | f11 | f12    | f13 |
| 101     | 5  | f5  | f6  | f7  | f10 | f11 | f12 | f13    | f14 |
| 110     | 6  | f6  | f7  | f10 | f11 | f12 | f13 | f14    | f15 |
| 111     | 7  | f7  | f10 | f11 | f12 | f13 | f14 | f15    | f16 |
| 他の      | 8  | f8  | f9  | f10 | f11 | f12 | f13 | f14    | f15 |
| 1ポート    | 9  | f9  | f10 | f11 | f12 | f13 | f14 | f15    | f16 |
| 入力端ノード  |  |     |     |     |     |     |     |        |     |
| 入力ポート   |  |     |     |     |     |     |     |        |     |

【図14】

第6実施例の入出力ポートと接続されているノード番号、光周波数の関係

| サブモジュール | サブモジュール 00, 11 |     |     |     |     |     |     |     |       | 出力端ノード |     |
|---------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|--------|-----|
|         | 111            | 110 | 101 | 100 | 011 | 010 | 001 | 000 | 出力ポート |        |     |
|         | 0              | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8     | 9      |     |
| サブモジュール | 0              | f0  | f1  | f2  | f3  | f4  | f5  | f6  | f7    | f8     | f9  |
| 001     | 1              | f1  | f2  | f3  | f4  | f5  | f6  | f7  | f8    | f9     | f10 |
| 010     | 2              | f2  | f3  | f4  | f5  | f6  | f7  | f8  | f9    | f10    | f11 |
| 011     | 3              | f3  | f4  | f5  | f6  | f7  | f8  | f9  | f10   | f11    | f12 |
| 100     | 4              | f4  | f5  | f6  | f7  | f8  | f9  | f10 | f11   | f12    | f13 |
| 101     | 5              | f5  | f6  | f7  | f8  | f9  | f10 | f11 | f12   | f13    | f14 |
| 110     | 6              | f6  | f7  | f8  | f9  | f10 | f11 | f12 | f13   | f14    | f15 |
| 111     | 7              | f7  | f8  | f9  | f10 | f11 | f12 | f13 | f14   | f15    | f16 |
| 他の      | 8              | f8  | f9  | f10 | f11 | f12 | f13 | f14 | f15   | f16    | f17 |
| 1ポート    | 9              | f9  | f10 | f11 | f12 | f13 | f14 | f15 | f16   | f17    |     |
| 入力端ノード  |                |     |     |     |     |     |     |     |       |        |     |
| 入力ポート   |                |     |     |     |     |     |     |     |       |        |     |

【図13】



【図15】

第6実施例の入出力ポートと接続されているノード番号、光周波数の関係

|         |         | サブモジュール 01, 10 |     |     |     |     |     |     |     |     | 他のサブモジュール |     | 出力端ノード |     |     |     |     |     |     |
|---------|---------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|         |         | 000            | 001 | 010 | 011 | 100 | 101 | 110 | 111 | 0   | 1         | 2   | 3      | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
| 他の      | サブモジュール | 0              | 10  | f1  | f2  | f3  | f4  | f5  | f6  | f7  | f8        | f9  | f10    | f11 | f12 | f13 | f14 | f15 | f16 |
| サブモジュール | 111     | 1              | f1  | f2  | f3  | f4  | f5  | f6  | f7  | f8  | f9        | f10 | f11    | f12 | f13 | f14 | f15 | f16 | f17 |
| サブモジュール | 110     | 2              | f2  | f3  | f4  | f5  | f6  | f7  | f8  | f9  | f10       | f11 | f12    | f13 | f14 | f15 | f16 | f17 | f18 |
| サブモジュール | 101     | 3              | f3  | f4  | f5  | f6  | f7  | f8  | f9  | f10 | f11       | f12 | f13    | f14 | f15 | f16 | f17 | f18 | f19 |
| サブモジュール | 100     | 4              | f4  | f5  | f6  | f7  | f8  | f9  | f10 | f11 | f12       | f13 | f14    | f15 | f16 | f17 | f18 | f19 | f20 |
| サブモジュール | 011     | 5              | f5  | f6  | f7  | f8  | f9  | f10 | f11 | f12 | f13       | f14 | f15    | f16 | f17 | f18 | f19 | f20 | f21 |
| サブモジュール | 010     | 6              | f6  | f7  | f8  | f9  | f10 | f11 | f12 | f13 | f14       | f15 | f16    | f17 | f18 | f19 | f20 | f21 | f22 |
| サブモジュール | 011     | 7              | f7  | f8  | f9  | f10 | f11 | f12 | f13 | f14 | f15       | f16 | f17    | f18 | f19 | f20 | f21 | f22 | f23 |
| サブモジュール | 100     | 8              | f8  | f9  | f10 | f11 | f12 | f13 | f14 | f15 | f16       | f17 | f18    | f19 | f20 | f21 | f22 | f23 | f24 |
| サブモジュール | 000     | 9              | f9  | f10 | f11 | f12 | f13 | f14 | f15 | f16 | f17       | f18 | f19    | f20 | f21 | f22 | f23 | f24 | f25 |

【図16】

第7実施例の入出力ポートと接続されているノード番号、光周波数の関係

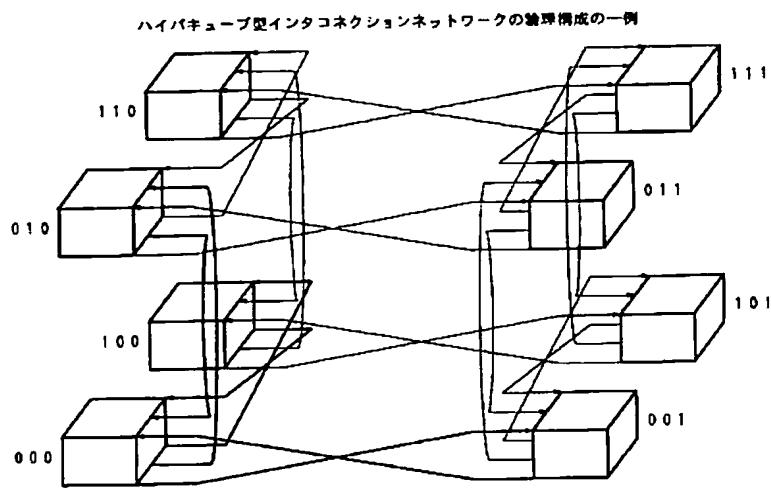
(a) アレイ導波路四折格子型フィルタ30-1

|      | 0111 | 1110 | 1101 | 0100 | 1011 | 0010 | 0001 | 1000 | 出力端ノード | 出力ポート |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|-------|
|      | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |        |       |
| 0000 | 0    | f0   | f1   | f2   | f3   | f4   | f5   | f6   | f7     | f1    |
| 1001 | 1    | f1   | f2   | f3   | f4   | f5   | f6   | f7   | f10    | f2    |
| 1010 | 2    | f2   | f3   | f4   | f5   | f6   | f7   | f8   | f11    | f3    |
| 0011 | 3    | f3   | f4   | f5   | f6   | f7   | f8   | f9   | f12    | f4    |
| 1100 | 4    | f4   | f5   | f6   | f7   | f8   | f9   | f10  | f11    | f5    |
| 0101 | 5    | f5   | f6   | f7   | f8   | f9   | f10  | f11  | f12    | f6    |
| 0110 | 6    | f6   | f7   | f8   | f9   | f10  | f11  | f12  | f13    | f7    |
| 1111 | 7    | f7   | f8   | f9   | f10  | f11  | f12  | f13  | f14    | f8    |

(b) アレイ導波路四折格子型フィルタ30-2

|      | 0000 | 1001 | 1010 | 0011 | 1100 | 0101 | 0110 | 1111 | 出力端ノード | 出力ポート |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|-------|
|      | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |        |       |
| 0111 | 0    | f0   | f1   | f2   | f3   | f4   | f5   | f6   | f7     | f1    |
| 1110 | 1    | f1   | f2   | f3   | f4   | f5   | f6   | f7   | f10    | f2    |
| 1101 | 2    | f2   | f3   | f4   | f5   | f6   | f7   | f8   | f11    | f3    |
| 0100 | 3    | f3   | f4   | f5   | f6   | f7   | f8   | f9   | f12    | f4    |
| 1011 | 4    | f4   | f5   | f6   | f7   | f8   | f9   | f10  | f11    | f5    |
| 0010 | 5    | f5   | f6   | f7   | f8   | f9   | f10  | f11  | f12    | f6    |
| 0001 | 6    | f6   | f7   | f8   | f9   | f10  | f11  | f12  | f13    | f7    |
| 1000 | 7    | f7   | f8   | f9   | f10  | f11  | f12  | f13  | f14    | f8    |

【図18】



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-242208

(43)Date of publication of application : 17.09.1996

(51)Int.Cl.

H04B 10/20

G02B 6/12

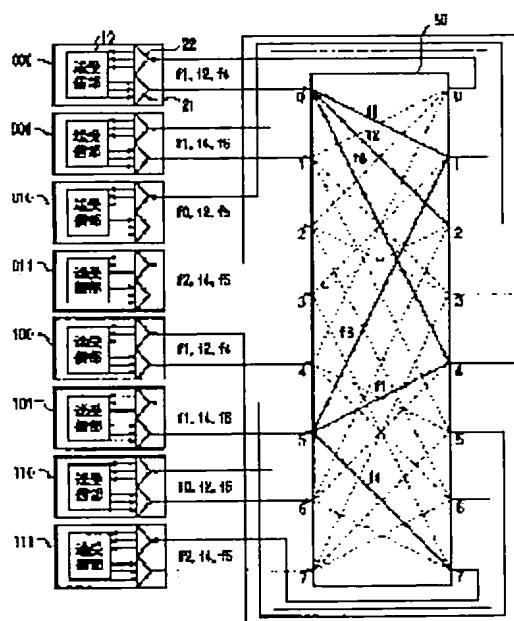
(21)Application number : 07-045835

(71)Applicant : NIPPON TELEGR &amp; TELEPH CORP &lt;NTT&gt;

(22)Date of filing : 06.03.1995

(72)Inventor : MATSUNAGA TORU  
SASAYAMA KOJI  
HIRAMATSU ATSUSHI

## (54) HYPER CUBE TYPE INTERCONNECTION NETWORK



## (57)Abstract:

PURPOSE: To make it possible to supply information of large capacity at a high speed even by the small quantity of hardware.

CONSTITUTION: This hyper cube type interconnection network is provided with an optical frequency routing function for determining an output port in accordance with the position of an input port and optical frequency and an array waveguide diffraction grating type filter 30 for connecting the output light link of a prescribed node to input ports and connecting the input light link of a prescribed node to output ports. Each of

respective nodes 000 to 111 is provided with a function for multiplexing the optical frequency bands of an optical signal having plural optical frequency bands, sending the frequency-multiplexed signal to

an output light link, separating the optical frequency bands of the optical frequency multiplexed signal inputted from an input light link, and receiving the frequency-separated signal. Optical frequency bands to be used in each of the nodes 000 to 111 and the I/O ports of the filter 30 to be connected are set up so that respective nodes 000 to 111 are satisfied with hyper cube connecting relation.

---

#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.11.1999

[Date of sending the examiner's decision  
of rejection]

[Kind of final disposal of application other  
than the examiner's decision of rejection  
or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3282775

[Date of registration] 01.03.2002

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

#### \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect  
the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network which interconnects in the nodes from which only 1 bit of the node address which indicated by binary differs among two or more nodes It has the optical frequency routing function in which an output port is determined according to the location and optical frequency of input port. The array waveguide diffraction-grating mold filter by which the output optical link of a predetermined node is connected to input port, and the input optical link of a predetermined node is connected to an output port is arranged. Said each node The optical frequency which carries out optical frequency multiplex [ of the lightwave signal of two or more predetermined optical frequency ], sends out to an output optical link, has the function which carries out optical frequency separation of the optical frequency multiple signal inputted from the input optical link, and is received, and is further used for every node, The hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network characterized by being the configuration of setting up the input/output port of the array waveguide diffraction skeleton pattern filter to connect so that each node may fill the connection relation of a hyper-cube.

[Claim 2] In a hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network according to claim 1 The \*\* node group from which the number of "1" turns into even number when the address of all nodes is indicated by binary. Classify into two of the \*\* node groups from which the number of "1" turns into odd number, and it has two array waveguide diffraction-grating mold filters. The output optical link of the node of said \*\* node group is connected to the input port of said 1st array waveguide diffraction-grating mold filter. Connect the input optical link of the node of said \*\* node group to an output port, and the output optical link of the node of said \*\* node group is connected to the input port of said 2nd array waveguide diffraction-grating mold filter. The hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network characterized by being the configuration of connecting the input optical link of the node of said \*\* node group to an output port.

[Claim 3] In a hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network according to claim 1 or 2 Each node which forms the reserve input/output port which connects a reserve node to an array waveguide diffraction-grating mold filter, and contains said reserve node the function to which it carries out adjustable [ of the transmitted optical frequency ], and the function to which it carries out adjustable [ of the received optical frequency ]

-- containing -- present, when the node of business becomes a failure The specific transmitted optical frequency and the received optical frequency of a node which are connected to the failure node due to a hyper-cube through said array waveguide diffraction skeleton pattern filter It changes to the optical frequency linked to said reserve input/output port. And the hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network characterized by being the configuration which changes the transmitted optical frequency and received optical frequency of said reserve node according to the transmitted optical frequency and received optical frequency which were changed by the specific node.

[Claim 4] In a hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network according to claim 1 to 3 Two or more array waveguide diffraction-grating mold filters which have input/output port for extension are arranged. The input/output port for extension of each of said array waveguide diffraction skeleton pattern filter is connected to the relation of a hyper-cube through the optical link for extension. The hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network characterized by being the configuration that the transmitted optical frequency and received optical frequency by which routing is carried out to said input/output port for extension are set as the node held in each array waveguide diffraction skeleton pattern filter.

[Claim 5] The hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network characterized by being the configuration set as the relation in which the optical frequency by which routing is carried out between input/output port according to the difference of an I/O node number in a hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network according to claim 1 to 4 about the number of the node connected to the input/output port of an array waveguide diffraction-grating mold filter becomes fixed.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

#### [0001]

[Industrial Application] Combining much small-scale switches, a large-scale switching system is realized or this invention relates to the INTAKONEKUSHON network for realizing a highly efficient computing system combining many small-scale processors. It has a fixed regulation in the number and connection method which were especially given to the small-scale switch or the small-scale processor (it is called a "node" on these specifications), and is related with the hyper-cube mold INTAKONEKUSHON

network where a lot of information flows at high speed.

[0002]

[Description of the Prior Art] Drawing 18 shows an example of the logical organization of a hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network. The detail of this configuration is writing "Multicomputer Networks of Mr. Read and Mr. FUJIMOTO. : Message-Based Parallel Processing", 1987, and The MIT Press" 17-18 pages have a publication.

[0003] In drawing, it displays in the addresses 000-111 to which eight nodes are given by each. A hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network is a configuration which has a link among the nodes from which only 1 bit differs, when eight nodes arranged at three (= log<sub>2</sub>8) dimensions measure with the address of other nodes the bit of each digit of the node address which indicated by binary. For example, a node 000, a node 001 and a node 010, and a node 100 are connected mutually (the thick wire in drawing shows).

[0004] The link of such a hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network has conventionally many which are depended on an electrical signal, and when there are few nodes, between nodes is combined with wiring of a back board on a board. Moreover, when the number of nodes increased, what combines between cabinets with an electrical cable was common.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The number of links which each node of a hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network has is given by number-of-dimension = log<sub>2</sub> (the number of nodes) of the number of I/O link groups = network of each node. Therefore, if a network scale becomes large, the hard amount for INTAKONEKUSHON will increase.

[0006] In order to reduce this hard amount, how a time-sharing bus realizes the link between nodes is considered. However, in the INTAKONEKUSHON network where a lot of information flows at high speed, the capacity of a bus becomes the factor which restricts a system-wide capacity. Moreover, in the case of the optical link, how to realize by optical frequency (or wavelength) multiplex bus is considered. However, if a scale becomes large, according to the number of links, the required number of optical frequency (wavelength) will become large, and it becomes the factor to which a system-wide capacity is restricted too.

[0007] This invention aims at offering the hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network which can pass a lot of high-speed information in a small hard amount.

[0008]

[Means for Solving the Problem] The hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network

of this invention It has the optical frequency routing function in which an output port is determined according to the location and optical frequency of input port. The array waveguide diffraction-grating mold filter by which the output optical link of a predetermined node is connected to input port, and the input optical link of a predetermined node is connected to an output port is arranged. Each node The optical frequency which carries out optical frequency multiplex [ of the lightwave signal of two or more predetermined optical frequency ], sends out to an output optical link, has the function which carries out optical frequency separation of the optical frequency multiple signal inputted from the input optical link, and is received, and is further used for every node, The input/output port of the array waveguide diffraction skeleton pattern filter to connect is set up so that each node may fill the connection relation of a hyper-cube (claim 1).

[0009] Furthermore, the \*\* node group from which the number of "1" turns into even number when the address of all nodes is indicated by binary. Classify into two of the \*\* node groups from which the number of "1" turns into odd number, and it has two array waveguide diffraction-grating mold filters. The output optical link of the node of a \*\* node group is connected to the input port of the 1st array waveguide diffraction-grating mold filter. It is the configuration of connecting the input optical link of the node of a \*\* node group to an output port, connecting the output optical link of the node of a \*\* node group to the input port of the 2nd array waveguide diffraction-grating mold filter, and connecting the input optical link of the node of a \*\* node group to an output port (claim 2).

[0010] Furthermore, each node which forms the reserve input/output port which connects a reserve node to an array waveguide diffraction-grating mold filter, and contains a reserve node the function to which it carries out adjustable [ of the transmitted optical frequency ], and the function to which it carries out adjustable [ of the received optical frequency ] -- containing -- present, when the node of business becomes a failure The specific transmitted optical frequency and the received optical frequency of a node which are connected to the failure node due to a hyper-cube through an array waveguide diffraction skeleton pattern filter It is the configuration changed according to the transmitted optical frequency and received optical frequency which changed to the optical frequency linked to reserve input/output port, and changed the transmitted optical frequency and received optical frequency of a reserve node by the specific node (claim 3).

[0011] Furthermore, it is the configuration that the transmitted optical frequency and received optical frequency by which routing is carried out to the input/output port for

extension are set as the node which arranges two or more array waveguide diffraction-grating mold filters which have input/output port for extension, connects the input/output port for extension of each array waveguide diffraction-grating mold filter to the relation of a hyper-cube through the optical link for extension, and is held in each array waveguide diffraction-grating mold filter (claim 4).

[0012] Furthermore, it is the configuration set as the relation in which the optical frequency by which routing is carried out between input/output port according to the difference of an I/O node number about the number of the node connected to the input/output port of an array waveguide diffraction-grating mold filter becomes fixed (claim 5).

[0013]

[Function] With the configuration of claim 1, between each node is connectable with a setup of the optical frequency in each node according to the regulation of a hyper-cube by using the routing function by the optical frequency of an array waveguide diffraction skeleton pattern filter. Thereby, the link between nodes required by the network number of dimension ( $= \log_2 [\text{the number of nodes}]$ ) originally is reducible to 1 set per node optical frequency multiplex. Moreover, by the routing function of an array waveguide diffraction skeleton pattern filter, repeat use of optical frequency is attained between different nodes, and a large-scale network can consist of comparatively small optical frequency.

[0014] With the configuration of claim 2, routing from a \*\* node to a \*\* node is performed by one array waveguide diffraction skeleton pattern filter, and routing from a \*\* node to a \*\* node is performed by the array waveguide diffraction skeleton pattern filter of another side. That is, it can respond with two small-scale array waveguide diffraction-grating mold filters using the relation of a hyper-cube, and the number of the optical frequency to be used can also be reduced further.

[0015] When the I/O link between a node or an array waveguide diffraction-grating mold filter becomes a failure by the configuration of claim 3, the change to a reserve node from a failure node can be performed by changing the transmitted optical frequency and received optical frequency of a related node. A large-scale hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network is realizable with the configuration of claim 4, combining a comparatively small-scale hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network (submodule) two or more. Although the number of links corresponding to the number of nodes is originally needed whenever it doubles a scale, it can respond by the optical frequency multiplex by this configuration in 1 set of I/O optical links. Moreover, between the links which connect a different submodule, repeat use of optical

frequency is attained and a large-scale network can consist of comparatively small optical frequency.

[0016] Since the optical frequency which will be used if the difference of the node number of an output side and the node number of an input side is the same also becomes the same by the configuration of claim 5, the number of the optical frequency used on the whole is further reducible.

[0017]

[Example]

(Example corresponding to claim 1) Drawing 1 shows the configuration of the 1st example of this invention. Here, the case of eight nodes (three dimension) is shown. In drawing, it displays in the addresses 000-111 to which eight nodes are given by each. Nodes 000-111 have the transceiver section 10, the optical multiplexing machine 21, and an optical separator 22, respectively. The I/O optical link of nodes 000-111 is connected to the input/output port 0-7 of the array waveguide diffraction-grating mold filter 30 in order.

[0018] The input/output port of the array waveguide diffraction-grating mold filter 30 and the relation of optical frequency are shown in drawing 2. The light of optical frequency f0, f1, f2, --, f7 inputted from input port 0 is outputted to output ports 0, 1, 2, --, 7, respectively. The light of optical frequency f0, f1, f2, f3, f4, f5, f6, and f7 inputted from input port 5 is outputted to output ports 3, 4, 5, 6, 7, 0, 1, and 2, respectively.

[0019] In this example, it connects with the address of each node so that the binary display of the input/output port number of the array waveguide diffraction-grating mold filter 30 may correspond. That is, the input port 0, 1, 2, --, 7 of the array waveguide diffraction-grating mold filter 30 is connected with the optical multiplexing machine 21 of nodes 000, 001, 010, --, 111. The output ports 0, 1, 2, --, 7 of the array waveguide diffraction-grating mold filter 30 and the optical separator 22 of nodes 000, 001, 010, --, 111 are connected.

[0020] Here, in order to connect each node to a hyper-cube mold, the optical frequency which carried out hatching is used for the table of drawing 2 between corresponding nodes. For example, in order to connect a node 000 and nodes 001, 010, and 100, optical frequency f1, f2, and f4 is used, respectively. If the optical frequency multiplex light of optical frequency f1, f2, and f4 is inputted into the input port 0 of the array waveguide diffraction-grating mold filter 30, the light of optical frequency f1, f2, and f4 will be outputted from output ports 1, 2, and 4, respectively (a thick wire shows to drawing 1), and will be sent out to the node which corresponds, respectively.

Moreover, in order to connect a node 101 and nodes 001, 100, and 111, optical frequency f1, f4, and f6 is used, respectively. If the optical frequency multiplex light of optical frequency f1, f4, and f6 is inputted into the input port 5 of the array waveguide diffraction-grating mold filter 30, the light of optical frequency f1, f2, and f4 will be outputted from output ports 4, 7, and 1, respectively (a thick wire shows to drawing 1), and will be sent out to the node which corresponds, respectively.

[0021] Thus, each node is connectable with a hyper-cube mold using the routing function by the optical frequency of the array waveguide diffraction-grating mold filter 30 by choosing the optical frequency which connects through the array waveguide diffraction-grating mold filter 30, and uses each node by each node. Thereby, two or more optical links outputted and inputted by each node can be made into one by I/O using an optical frequency multiplex technique, respectively.

[0022] In addition, generally it is  $2^k$ . A  $k$ -dimensional hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network can be constituted by choosing optical frequency suitably using the array waveguide diffraction-grating mold filter which has input/output port more than a book. Drawing 3 shows the example of a configuration of a node 000. The transceiver section 10 is constituted in drawing by the sending circuit 11 which outputs the electrical signal transmitted to nodes 001, 010, and 100, the light source 12-1 which changes each electrical signal into the lightwave signal of optical frequency f1, f2, and f4, 12-2, 12-3, the electric eye 13-1 that changes the lightwave signal of optical frequency f1, f2, and f4 into an electrical signal, 13-2, 13-3, and the receiving circuit 14 that inputs each electrical signal. The optical multiplexing machine 21 and an optical separator 22 carry out multiplexing/demultiplexing of the lightwave signal of optical frequency f1, f2, and f4.

[0023] It is multiplexed with the optical multiplexing vessel 21, and the lightwave signal of the optical frequency f1, f2, and f4 outputted from the light source 12-1, 12-2, and 12-3 is sent out to an output optical link. This optical frequency multiple signal is inputted into the input port 0 of the array waveguide diffraction skeleton pattern filter 30, and routing is carried out to output ports 1, 2, and 4. On the other hand, the lightwave signal of the optical frequency which carried out hatching in the direction of a train of the table of drawing 2 is multiplexed by each output port of the array waveguide diffraction skeleton pattern filter 30, and it is sent out to the input optical link connected to each node. The optical frequency multiple signal of optical frequency f1, f2, and f4 is outputted to the output port 0 connected to a node 000. It is separated spectrally into the lightwave signal of each optical frequency with an optical separator 22, and this optical frequency multiple signal is inputted into an

electric eye 13-1, 13-2, and 13-3.

[0024] In addition, the optical frequency multiplex function in the optical multiplexing machine 21 is realizable also with an optical unification vessel like an optical star coupler. The optical frequency isolation in an optical separator 22 can also realize the optical turnout and optical frequency filter like an optical star coupler. Other nodes are also the same configurations. When each input/output port of each node and the array waveguide diffraction-grating mold filter 30 has the connection relation shown in drawing 1, each node has two or more light sources oscillated with the optical frequency shown in the table of drawing 2 by hatching.

[0025] (Example corresponding to claim 2) Drawing 4 shows the configuration of the 2nd example of this invention. Here, the case of eight nodes (three dimension) is shown. In drawing, it displays in the addresses 000-111 to which eight nodes are given by each, and classifies into two, the \*\* node group (nodes 000, 011, 101, and 110) from which the number of "1" of the address turns into even number, and the \*\* node group (nodes 001, 010, 100, and 111) from which the number of "1" turns into odd number. In a hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network, since the nodes from which 1 bit of node addresses differs are connected, direct continuation of \*\* nodes and the \*\* nodes is not carried out.

[0026] Therefore, even if it connects separately the optical link from a \*\* node to a \*\* node, and the optical link from a \*\* node to a \*\* node using two array waveguide diffraction-grating mold filters 30-1 and 30-2, an equivalent hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network is logically realizable with the configuration of drawing 1. That is, the output optical link of nodes 000, 011, 101, and 110 is connected to the input port 0, 1, 2, and 3 of the array waveguide diffraction-grating mold filter 30-1, and the input optical link of nodes 001, 010, 100, and 111 is connected to output ports 0, 1, 2, and 3. Moreover, the output optical link of nodes 001, 010, 100, and 111 is connected to the input port 0, 1, 2, and 3 of the array waveguide diffraction-grating mold filter 30-2, and the input optical link of nodes 000, 011, 101, and 110 is connected to output ports 0, 1, 2, and 3.

[0027] The array waveguide diffraction-grating mold filter 30-1, the input/output port of 30-2, and the relation of optical frequency are drawing 5 (a) and (b). It comes to be shown. Hatching of the optical frequency used between each node is carried out. It turns out that each node is connectable with a partner's node using optical frequency f0, f1, and f2.

(Example corresponding to claim 3) Drawing 6 shows the configuration of the 3rd example of this invention. Here, the configuration equipped with the reserve node

which substitutes for one node acting as a failure in the case of eight nodes (three dimension) shown in the 1st example ( drawing 1 ) is shown.

[0028] In drawing, it displays in the addresses 000–111 to which eight nodes are given by each. Here, a node 101 shall serve as a failure and shall change connection with the nodes 001, 100, and 111 of the connection place of a node 101 to the reserve node S101. The input/output port of the array waveguide diffraction-grating mold filter 30 and the relation of optical frequency come to be shown in drawing 7 .

[0029] When the optical frequency f6 used in order to connect a node 001 to a node 101, if a node 101 becomes a failure is changed to f0, a node 100 changes optical frequency f0 to f3 and a node 111 changes optical frequency f3 to f6, it can change to the reserve node S101 from a node 101 (change from the thick dashed line of drawing 6 to a thick line). In addition, the optical frequency of the light source of the reserve node S101 is set as f0, f3, and f6.

[0030] Thus, in order to have a reserve node and to enable the change to a reserve node at the time of failure generating, it is necessary to make the light source 12 into the source of a frequency good light variation, to use the optical multiplexing machine 21 as an optical unification machine without an optical frequency dependency, and to use an optical separator 22 as a good light variation splitter. In addition, the electric eye 13 of the special management to optical frequency changing is unnecessary when using a photodiode with a large ready-for-receiving ability optical frequency band. The example of a configuration of the node at this time is shown in drawing 8 .

[0031] As a good light variation splitter, the optical turnout 24 and the optical frequency adjustable filters 25–1 to 25–3, such as an optical star coupler, are used, using the optical star coupler 23 as an optical unification machine, using the frequency adjustable laser 15–1 to 15–3 as a source of a frequency good light variation. When the change to a reserve node is needed, the optical frequency of the frequency adjustable laser 15–1 to 15–3 is changed, and the transmitted light frequency of the optical frequency adjustable filter 25–1 to 25–3 is changed.

[0032] (Example corresponding to claim 4) Drawing 9 shows the configuration of the 4th example of this invention. Here, by using as a submodule the hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network which consists of eight nodes, and connecting four submodules mutually in the optical link for extension explains the case where the hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network of 32 nodes is constituted. When the address of each submodule is set to 00, 01, 10, and 11, the node address of each submodule is expressed with the form which added the address of a submodule to the high order.

[0033] Since it is easy, only an array waveguide diffraction-grating mold filter is shown as each submodules 00, 01, 10, and 11 by a diagram, and the node connected to input/output port is omitting. The optical link 41 for extension is connected according to the connection regulation of a hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network. That is, there is no connection of the submodule 00 and the submodule 11, and it is connected to both submodules 01 and 10, respectively. The input/output port of each array waveguide diffraction-grating mold filter of the submodules 00–11 and the relation of optical frequency come to be shown in drawing 10. Hatching of the optical frequency used between each node is carried out. As shown here, each node needs the configuration which can respond to five optical frequency.

[0034] The optical link from the nodes 000–111 held in each submodule is connected to the input/output port 0–7 of the submodules 00, 01, 10, and 11. Optical frequency multiplex [ of the lightwave signal from eight input port ] is carried out at the maximum, it separates into each output port of the submodule of a connection place, and the optical frequency multiple signal is inputted into the node connected there in the optical link 41 for extension connected to the output ports 8 and 9 of each submodule. For example, in connecting the node 000 of the submodule 00, and the node 000 of the submodule 10, it uses optical frequency f9. This lightwave signal is inputted into input port 0 from the node 000 of the submodule 00, and routing of it is carried out to that output port 9, it is inputted into the input port 9 of the submodule 10 through the optical link 41 for extension, and routing is carried out to that output port 0, and it reaches the node 000 of the submodule 10.

[0035] In addition, although the optical link 41 for extension is connected to input/output port 8 and 9 in drawing 9, it is not necessary to be necessarily the port of the edge of an array waveguide diffraction-grating mold filter. For example, the optical link 41 for extension may be connected to ports 4 and 5. Generally, since an array waveguide diffraction-grating mold filter has loss as large as the port of an edge, the optical link 41 for extension which connects two steps of array waveguide diffraction-grating mold filters becomes advantageous [ using the port of a center with little loss ].

[0036] (Example corresponding to claim 5) Drawing 11 shows the configuration of the 5th example of this invention. Here, the example which made reverse sequence of connection between the output port of the array waveguide diffraction-grating mold filter 30 and each node in the case of eight nodes (three dimension) shown in the 1st example ( drawing 1 ) is shown. In drawing, the output optical link from nodes 000, 001, 010, --, 111 is connected to the input port 0, 1, 2, --, 7 of the array waveguide

diffraction-grating mold filter 30, and the input optical link to nodes 111, 110, 101, --, 000 is connected to it in output ports 0, 1, 2, --, 7. Thereby, in the combination of all nodes, as shown in Table 1, if the difference of the node number of an output side and the node number of an input side is the same, the optical frequency to be used will also become the same.

[0037]

[Table 1]

| 出力ノード番号-入力ノード番号 | 使用光周波数 |
|-----------------|--------|
| - 7, 1          | f6     |
| - 6, 2          | f5     |
| - 5, 3          | f4     |
| - 4, 4          | f3     |
| - 3, 5          | f2     |
| - 2, 6          | f1     |
| - 1, 7          | f0     |
| 0               | f7     |

[0038] Therefore, the input/output port of the array waveguide diffraction-grating mold filter 30 and the relation of optical frequency come to be shown in drawing 12. In order to connect each node to a hyper-cube mold, the optical frequency which carried out hatching is used for the table of drawing 12 between corresponding nodes. It turns out that the optical frequency used on the whole is set to five, f0, f1, f3, f5, and f6. Since 6 optical frequency was required of the configuration of the 1st example shown in drawing 2, the number of the optical frequency to be used is reducible. Also in the example shown below, it is the same.

[0039] (Example corresponding to claim 5) Drawing 13 shows the configuration of the 6th example of this invention. Here, by using the hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network of the 5th example (drawing 11) as a submodule, and connecting four submodules mutually in the optical link for extension explains the case where the hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network of 32 nodes is constituted.

[0040] Since it is easy, only an array waveguide diffraction-grating mold filter is shown as each submodules 00, 01, 10, and 11 by a diagram, and the node connected to input/output port is omitting. The optical link 41 for extension is connected according to the connection regulation of a hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network. That

is, there is no connection of the submodule 00 and the submodule 11, and it is connected to both submodules 01 and 10, respectively. The input/output port of each array waveguide diffraction-grating mold filter of the submodules 00-11 and the relation of optical frequency come to be shown in drawing 14 and drawing 15.

Hatching of the optical frequency used between each node is carried out.

[0041] By the submodules 00 and 11, as for a different point from the configuration shown in the 4th example ( drawing 9 , drawing 10 ), the sequence of a node and the optical link for extension that the sequence of the node connected to an output port and the optical link for extension is connected to input port by the submodules 01 and 10 by becoming reverse becomes reverse. Also in this example, in the combination of all nodes, if the difference of the node number of an output side and the node number of an input side is the same, the optical frequency to be used will also become the same.

[0042] (Example corresponding to claim 5) Drawing 16 shows the relation of the node number connected with the input/output port of the 7th example of this invention, and optical frequency. This is applied to the hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network of 16 nodes like the configuration of the 2nd example ( drawing 4 ) using two array waveguide diffraction skeleton pattern filters of eight ports.

[0043] It is the example which assigned the node so that the difference of the node number connected to the input/output port of an array waveguide diffraction-grating mold filter and the optical frequency between input/output port might become the relation shown in Table 2.

[0044]

[Table 2]

| 入力ノード番号-出力ノード番号 | 使用光周波数 |
|-----------------|--------|
| -14, -6, 2, 10  | f1     |
| -13, -5, 3, 11  | f2     |
| -12, -4, 4, 12  | f3     |
| -11, -3, 5, 13  | f4     |
| -10, -2, 6, 14  | f5     |
| -9, -1, 7,      | f6     |
| -8, 0, 8,       | f7     |
| -7, 1, 9,       | f0     |

[0045] For assignment of such a node, the remaining digits except the most significant

bit when indicating each node number by binary, as shown in drawing 17 are (a). It is (b) so that it may become with ascending order in the case of a \*\* node. It is obtained by in the case of a \*\* node, arranging so that it may become descending order.

[0046]

[Effect of the Invention] As explained above, this invention can realize a simple hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network physically with the small number of links by using the optical frequency routing function of an array waveguide diffraction skeleton pattern filter. And the number of the optical frequency to be used has the advantage which does not exceed the number of nodes.

[0047] With the configuration of claim 2, it can respond with two small-scale array waveguide diffraction-grating mold filters using the relation of a hyper-cube, and the number of the optical frequency to be used can also be reduced further. It is not necessary to re-cover a link physically at the time of a failure, and the change of a failure node and a reserve node can be easily performed only by changing the optical frequency in a related node with the configuration of claim 3.

[0048] With the configuration of claim 4, a large-scale hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network is realizable with the small number of links, combining a comparatively small-scale submodule two or more. And the number of the optical frequency to be used has the advantage which does not exceed the number which applied the number for extension of links to the number of nodes in a submodule, i.e., the number of input/output port of an array waveguide diffraction-grating mold filter.

[0049] With the configuration of claim 5, the network constituted from one array waveguide diffraction-grating mold filter is realizable with the number of still smaller optical frequency. That is, according to the connection regulation of a hyper-cube mold INTAKONEKUSHON network, since it is set to  $\ast\ast 2^i$  ( $i = 0, 1$  and  $2, \dots, n-1$ , and  $n$  are a network number of dimension ( $= \log_2 [\text{the number of nodes}]$ )), the difference of the node number connected mutually is  $2^n$ . In the network which holds a node in one array waveguide diffraction-grating mold filter, there is an advantage which can respond with at most  $2^n$  optical frequency.

---

[Translation done.]